



TITLE:

下顎骨再建術における腭骨移植計画の定式化の試み

AUTHOR(S):

中尾, 恵; 麻生, 晋併; 今井, 裕一郎; 上田, 順宏; 畠中, 利英; 芝, 真央; 桐田, 忠昭; 松田, 哲也

CITATION:

中尾, 恵 ...[et al]. 下顎骨再建術における腭骨移植計画の定式化の試み. VR医学会学術大会抄録集(第16回大会) 2016, 16(suppl-1): 33-35

ISSUE DATE:

2016-09

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/219477>

RIGHT:

日本VR医学会の許可を得て登録しています.

下顎骨再建術における腓骨移植計画の定式化の試み

中尾 恵¹⁾, 今井 裕一郎²⁾, 上田 順宏³⁾, 畠中 利英³⁾, 芝 真央³⁾, 桐田 忠昭³⁾,

松田 哲也¹⁾

1) 京都大学大学院 情報学研究科, 2) 洛和会音羽病院 口腔外科, 3) 奈良県立医科大学 口腔外科

1. はじめに

下顎歯肉癌の治療等で下顎骨を切除する場合、術後の審美障害や咀嚼障害、発音障害を防ぐために下顎骨再建術¹⁾が行われる。再建には、患者から血管柄付きの腓骨を採取し頸部の血管と吻合して移植する方法が注目されており、人工骨ではなく血管も含めた自家骨を移植することで、骨の生着が促進されるという利点がある。腓骨移植による下顎再建は人工骨を用いた再建よりも手術の難易度が高いが、各症例に対する移植骨の採取と下顎の再建における分割や配置に関する意思決定の大部分は依然として医師個人の知識や経験に委ねられている。

近年では、患者の下顎骨と腓骨の三次元 CT 画像を活用した術前計画システムが注目されている。現行の術前計画システムは三次元空間内で腓骨セグメントの分割・配置を対話的にシミュレートすることが可能であるが、数値によるパラメータ入力やマウスなどの手動操作による位置・姿勢の微調整が必要であり、医師が意図した通りの配置を得ることが難しい。また、客観的な術前計画や手技の標準化を実現するため、個人の主観や手動操作に依存しない、より客観性の高い計画内容の立案が望まれている。下顎骨再建に求められる要件を定量化し、客観的定量化指標に基づいて各症例に対する再建計画を算出する枠組み²⁾の開発を通して、これら課題の解決に近づくと考えられる。

本研究では、下顎骨再建術における腓骨移植計画の自動化を目的として、下顎骨再建内容を定量化する複数の形状評価指標を提案し、目的関数の最小化問題として腓骨移植計画の定式化を試みる。

2. 形状評価指標に基づく目的関数

対話型の下顎骨再建計画システム biGAKU³⁾にお

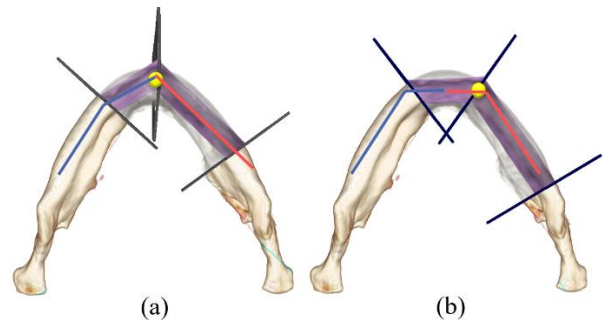


図 1. 下顎骨再建における腓骨片の接続点位置の違い

(a) 正中線付近に配置, (b) オトガイ孔付近に配置

いて採用されている手術計画モデルの幾何学的定義と再建パラメータ⁴⁾に基づいて自動手術計画の枠組みを考える。再建計画内容を定量化する目的関数 E を設計し、その最小化問題として腓骨移植計画プロセスを定式化する。

目的関数は医師が持つ医学知識や経験に基づく意思決定を反映したものである必要があるが、下顎骨再建における手技の標準化はまだ十分になされていない。例えば、図 1 は医師の手動設定によって作成された二つの腓骨セグメントによる再建計画例を示している。図 1(a) では正中付近に腓骨片の接続点が配置され、元来の下顎との形状誤差が小さくなるように配置されているが、(b)では下顎の先端にあたるオトガイ部周辺の形状差は大きい配置となっている。(b) は (a) よりも切除領域が若干広く設定された場合であり、再建後の下顎の対称性がより意識された配置と考えられる。

以上のような従来の手動計画における意思決定の傾向を踏まえて、患者の元来の下顎と再建後の下顎の局所形状の差を局所形状間距離 d によって定量化し、切除範囲における d の平均値である平均形状誤差 E_s と最大値である最大突出長 E_p を導入する。また、下顎骨の対称性も考慮されることに着目し、再現後の左右の下顎骨の表面形状の差を定量化する鏡面对称

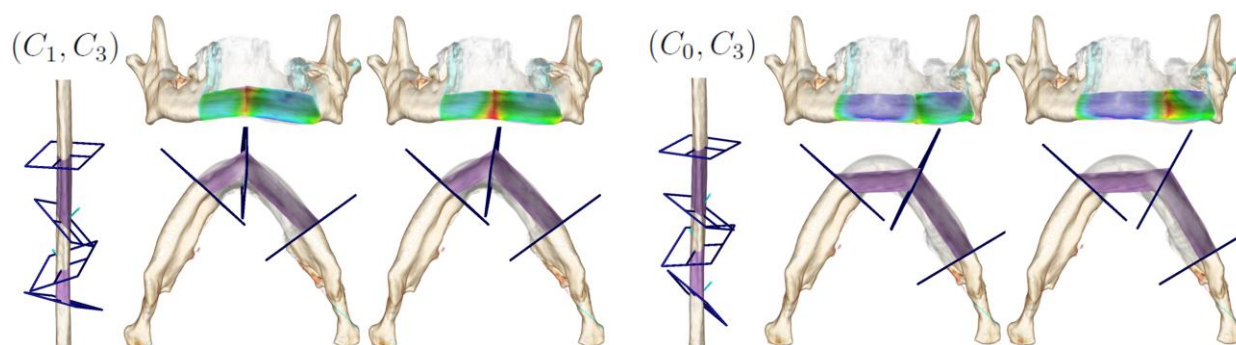


図 2. 異なる切除領域に対する腓骨片の自動配置と医師の手動配置との比較（左：医師による配置，右：自動配置）

距離 E_r を導入する．これら形状評価指標に基づく目的関数 E を定義して制約条件下の非凸最適化問題として定式化し，目的関数を最小化する再建パラメータを算出する．

3. 自動計画結果

提案する目的関数の有効性は，医師の手術計画例と自動配置結果の定量的な比較によって検証する．口腔外科医と歯科技工士 計 4 名の参加の下で，biGAKU (<http://www.bigakuapp.com/>) を用いて過去の症例 CT データに基づいて術前計画を模擬する実験を実施し，腓骨片を二つ用いる場合と三つ用いる場合のそれぞれについて 60 例ずつ計 120 通りの再建計画例を取得した．目的関数のパラメータが自動配置結果に与える影響を調査し，医師の手術計画例との誤差を算出することによって評価を行った．

図 2 は異なる切除領域に対して，設計した目的関数 E に基づいて得られた腓骨片の自動配置と医師の手動配置の典型例を示している．図 1 における医師の計画に見られた，正中付近とオトガイ孔付近への接続点配置が再現されており，手動配置からそれぞれ 3.43mm, 3.93mm の位置に接続点の配置が可能であった．60 例の平均では 4.4 ± 2.6 mm の距離誤差となった．最適化に要する計算は 30 秒以内で完了することを確認しており，臨床における実利用が可能である．

一方，下顎骨や腓骨片の形状に加えて，血管柄の形状やその採取位置，軟組織の変形，下顎の力学特性や咀嚼機能など手術計画において考慮される可能性のある因子は多く残されている．複雑な腓骨片の配置に関しても検証を進め，より多角的な評価指標

を探索することは手術プロセスの定量的理解と定式化に有意義と考えられる．

謝辞

本研究は京都大学 COI STREAM「活力ある生涯のための Last5X イノベーション拠点」及び日本学術振興会科学研究費補助金 基盤研究 B「臓器変形・力学特性のスパースモデリング及び術中推定に関する研究」（課題番号：15H03032）の助成による．

参考文献

- 1) J.S. Brown, C. Barry, M. Ho, R. Shaw, "A new classification for mandibular defects after oncological resection", *The Lancet Oncology* 17, e23-e30, 2016.
- 2) 麻生 晋併, 中尾 恵, 今西 勁峰, 今井 裕一郎, 上田 順宏, 畠中 利英, 芝 真央, 桐田 忠昭, 松田 哲也, "下顎骨再建計画の自動化へ向けた目的関数の検討", 電子情報通信学会研究報告(MI), pp.73-78, 2015.
- 3) 今西 勁峰, 中尾 恵, 今井 裕一郎, 上田 順宏, 畠中 利英, 松田 哲也, 桐田 忠昭, "形状評価指標のインタラクティブ可視化機能を備えた下顎骨再建術計画システム", 第 15 回日本 VR 医学会学術大会抄録, pp. 35-36, 2015.
- 4) M. Nakao, M. Hosokawa, Y. Imai, N. Ueda, T. Hatanaka, T. Kirita and T. Matsuda, "Volumetric Fibular Transfer Planning with Shape-Based Indicators in Mandibular Reconstruction", *IEEE Journal of*

Biomedical and Health Informatics, Vol. 19, No.2,
pp.581-589, 2015.